


VERIFICATION

The undersigned, of the below address, hereby certifies that he/she well knows both the English and Japanese languages, and that the attached is an accurate English translation of the PCT application filed on May 31, 2004 under No. PCT/JP2004/007873.

The undersigned declares further that all statements made herein of his/her own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

Signed this 28th day of December, 2004

Signature:



Name: Shigeru OKUDA

Address:

c/o Itami Works of Sumitomo Electric Industries, Ltd.
1-1, Koyakita 1-chome, Itami-shi, Hyogo, Japan

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

31.05.2004

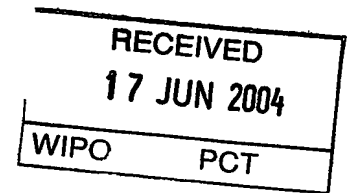
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 6月18日
Date of Application:

出願番号 特願2003-173465
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-173465]

出願人 住友電気工業株式会社
Applicant(s):

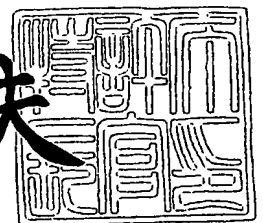


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 1030676

【提出日】 平成15年 6月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00
H01L 23/04

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内

【氏名】 中畑 成二

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064746

【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100085132

【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100083703

【弁理士】

【氏名又は名称】 仲村 義平

【選任した代理人】

【識別番号】 100096781

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀井 豊

【選任した代理人】

【識別番号】 100098316

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 久登

【選任した代理人】

【識別番号】 100109162

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 將行

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908053

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項 2】 凹凸基板および半導体層が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) である請求項 1 に記載の発光装置。

【請求項 3】 凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面が、 L を 1 ～ 4 の整数とするときの $(1\ 1 - 2\ L)$ および $(1 - 1\ 0\ L)$ の中から選ばれる 1 以上の面指数を有する請求項 1 または請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 4】 凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ が、 $35^\circ \sim 80^\circ$ である請求項 1 または請求項 2 に記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光量の大きい発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

III 族窒化物半導体を用いることにより、可視光の 3 原色である「青色」、「緑色」、「赤色」の発光装置を作製することができる。たとえば、サファイア基板上に低温でアモルファスのバッファ層を形成し、その上に III 族窒化物半導体結晶を成長させることが提案されている（たとえば、非特許文献 1 参照。）。

【0003】

しかし、基板としてサファイア基板を用いているため、III 族窒化物半導体結晶をエピタキシャル成長させても、欠陥密度の大きい低品質の結晶しか得られない。また、サファイア基板が絶縁性であるため、発光装置が大きくなるという問題点があった。

【0004】

上記、問題点を解決するため、 $n\text{-GaIn}$ などのIII族窒化物半導体結晶の基板を用いて、この基板上にIII族窒化物半導体結晶を成長させることが提案されている（たとえば、非特許文献2参照。）。

【0005】

しかし、上記発光装置においても十分な発光強度が得られていないのが現状である。

【0006】

【非特許文献1】

柴田，「III族窒化物を用いたLEDの作製とその応用」，日本結晶成長学会誌，日本結晶成長学会，2002年9月20日，第29巻，第3号，p. 283-287

【0007】

【非特許文献2】

西田，「AlGaIn系紫外発光ダイオード」，日本結晶成長学会誌，日本結晶成長学会，2002年9月20日，第29巻，第3号，p. 288-295

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、上記現状に鑑み、本発明においては、発光装置の大きさを変えずに発光量を増大させた発光装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明にかかる発光装置は、凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層が形成されていることを特徴とする。ここで、凹凸基板を $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) とすること、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面が、 L を1～4の整数とするときの $(11-2L)$ および $(1-10L)$ の中から選ばれる1以上の面指数を有すること、凹凸基板の凹凸上表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ を $35^\circ \sim 80^\circ$ とすることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

本発明にかかる発光装置は、図1を参照して、凹凸基板1の凹凸状表面1a上に半導体層30が形成されている。かかる凹凸基板1を用いることにより、発光に関わる半導体層30の表面積を大きくすることができ、発光装置の発光量が大きくなる。

【0011】

一方、従来の発光装置は、図2を参照して、平面基板2の平面状表面2h上に半導体層30が形成されている。すなわち、図1および図2を参照して、本発明にかかる発光装置の半導体層30は凹凸基板1の凹凸状表面1a上に形成されているために、平面基板2の平面状表面2h上に形成されている半導体層30よりも表面積が大きくなる。ここで、半導体層30は、その単位表面積当たり一定の発光量を有することから、上記のように半導体層30の表面積を大きくすることにより、発光装置の大きさを変えずに発光量を大きくすることができる。

【0012】

ここで、図3および図4を参照して、凹凸基板1の凹凸状表面1aの表面形状は、特に限定されるものではなく、たとえば、図3に示されるような線状の凸部と線状の凹部を有する凹凸状表面1aであってもよいし、図4に示されるような点状の凸部を有する多角錐状の凹凸状表面1aであってもよい。

【0013】

また、凹凸基板1の凹凸状表面1aにおける凹凸ピッチ（凸部から隣の凸部までの水平距離）Pおよび凹凸高さ（凹部から凸部までの垂直距離）Hは、特に制限はないが、凹凸ピッチPは $1\mu\text{m}\sim 3000\mu\text{m}$ が好ましく、凹凸高さHは $0.1\mu\text{m}\sim 3000\mu\text{m}$ が好ましい。凹凸ピッチPが $1\mu\text{m}$ 未満あるいは $3000\mu\text{m}$ を超えると均一なエピタキシャル結晶を得ることが困難となる。凹凸高さHが 0.1nm 未満であると発光面積が小さくなり、 $3000\mu\text{m}$ を超えると均一なエピタキシャル結晶を得ることが困難となる。かかる観点から、凹凸ピッチPは $1\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 、凹凸高さHは $4\mu\text{m}\sim 1500\mu\text{m}$ であることがより

好ましい。

【0014】

本発明にかかる発光装置において、凹凸基板および半導体層が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) であることは好ましい。半導体層を III 族化合物である $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) で構成することにより、可視光の 3 原色である「青色」、「緑色」、「赤色」、あるいは「紫外」についての発光装置を作製することができる。また、基板についても、半導体層と同様に $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) を用いることにより、良質の半導体結晶を成長させることができる。なお、基板の化学組成、半導体層の化学組成およびこれらの組合わせには特に制限は無いが、良質の半導体層を得る観点からは、基板の化学組成と半導体層の化学組成とが近いことが好ましい。

【0015】

また、図 3 および図 4 を参照して、本発明にかかる発光装置において、凹凸基板 1 の凹凸状表面 1a を形成する各々の平面 1b, 1c は、L を 1~4 の整数とするときの $(11-2L)$ および $(1-10L)$ の中から選ばれる 1 以上の面指数を有することが好ましい。基板および半導体層に $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) を用いる場合、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 結晶は六角対称であるため、 $(11-2L)$ 面および $(1-10L)$ 面のそれぞれの面について等価な面が 6 面存在する。ここで、L は 1~4 の整数を意味する。したがって、このような面からなる凹凸状表面 1a をもつ凹凸基板 1 を用いることにより、三次元形状の半導体層を形成することができ、半導体層の表面積を大きくすることができる。ここで、凹凸基板が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) である場合、図 4 のような凹凸状表面 1a においては、多角錐として六角錐または三角錐を形成する場合が多い。

【0016】

また、図 3 および図 4 を参照して、本発明にかかる発光装置において、凹凸基板 1 の凹凸状表面 1a を形成する各々の平面 1b, 1c と基底平面 1h とのなす角度 ϕ 1b, 1c は、 $35^\circ \sim 80^\circ$ であることが好ましい。 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$

$\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 結晶を凹凸基板として用いる場合、 80° を超える安定面が存在しにくい。また、上記角度が 35° 未満であると半導体層の表面積の増加が少ない。なお、基底平面1hとは、凹凸基板1の厚み方向のベクトルに対して垂直な面をいい、従来の平面基板においては平面状表面と平行な平面となる。

【0017】

基板を構成する $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 結晶 ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) はウルツ鉱型（六方晶）の結晶構造をとり六角対称であることから、凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ は、下式（1）によって算出することができる。ここで、 $(h_1k_1l_1)$ は凹凸状表面を形成する各々の平面の面指数、 $(h_2k_2l_2)$ は基底平面の面指数（たとえば (0001) ）、 a は a 軸長、 c は c 軸長を示す。なお、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面の面指数は、XRD（X-ray Diffraction；X線回折法）によって求めることができる。

【0018】

【数1】

$$\cos \phi = \frac{h_1h_2 + k_1k_2 + \frac{1}{2}(h_1k_2 + h_2k_1) + \frac{3a^2l_1l_2}{4c^2}}{\left(\left(h_1^2 + k_1^2 + h_1k_1 + \frac{3a^2l_1^2}{4c^2} \right) \left(h_2^2 + k_2^2 + h_2k_2 + \frac{3a^2l_2^2}{4c^2} \right) \right)^{1/2}} \quad (1)$$

【0019】

【実施例】

以下、実施例に基づいて本発明にかかる発光装置を具体的に説明する。

【0020】

（実施例1）

図3に示すような、凹凸ピッチ P が $200\mu\text{m}$ 、凹凸高さ H が $190\mu\text{m}$ の凹凸状表面1aを有し、前記凹凸状表面1aを形成する各々の平面1bの面指数が $(1-101)$ であるGaIn基板を用いて、前記GaIn基板の凹凸状表面に、MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition：有機金属化学気相成長）法によって、 $n\text{-GaIn}$ 層31を $5\mu\text{m}$ 、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層32を 3nm 、 $p\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層33を 60nm 、 $p\text{-GaIn}$ 層34を 150nm 順次成

長させて、図1に示すような発光装置を得た。分光器を用いて、前記発光装置の発光強度を測定した。この発光装置は発光スペクトルのピーク波長は470nmであり、以下の比較例1の発光強度を1.0としたときのこの発光装置の発光強度は1.9であった。なお、本実施例においては、MOCVD法を用いて、凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層を成長させたが、その他VPE (Vapor Phase Epitaxy: 気相エピタキシャル成長) 法、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシャル成長) 法など各種の方法によって半導体層を成長させることもできる。

【0021】

(比較例1)

図5に示すような平面状表面2h (平面状であることから、凹凸ピッチPは0 μ mであり、凹凸高さHは0 μ m) を有し、前記平面状表面2hの面指数が(0001)であるGaN基板を用いて、実施例1と同様に半導体層を順次成長させて、図2に示すような発光装置を得た。分光器を用いて、前記発光装置の発光強度を測定した。この発光装置の発光スペクトルのピーク波長は470nmであり、この発光装置の発光強度を1.0として実施例1～実施例9の青色発光装置の発光強度を評価した。

【0022】

(実施例2～実施例11、比較例2、比較例3)

表1～表3に示す基板、半導体層構成を有する発光装置をMOCVD法により作製し、その発光スペクトルの波長と発光強度を測定した。その結果を表1～表3にまとめる。なお、表1～表3における角度 ϕ は、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面の面指数と基底平面の面指数(0001)から、式(1)によって算出したものである。

【0023】

ここで、表1の実施例1～実施例9および比較例1はいずれも発光スペクトルのピーク波長が470nmの青色発光装置の例であり、実施例1～実施例9の発光強度は比較例1の発光強度を1.0としたときの相対値として表した。また、表2の実施例10および比較例2は発光スペクトルのピーク波長が520nmの

緑色発光装置の例であり実施例 10 の発光強度は比較例 2 の発光強度を 1.0 としたときの相対値として表し、表 3 の実施例 11 および比較例 3 は発光スペクトルのピーク波長が 380 nm の紫外発光装置の例であり実施例 11 の発光強度は比較例 3 の発光強度を 1.0 としたときの相対値として表した。

【0024】

【表 1】

	比較例 1	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9
基板種類	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	AlN	AlGaN	InN	InGaN
基板形状	図 5	図 3	図 3	図 3	図 3	図 4	図 3	図 3	図 3	図 3
P (μm)	0	200	100	20	50	100	50	20	20	10
H (μm)	0	190	40	33	40	80	45	19	19	9
面指数	(0001)	(1-101)	(11-24)	(11-21)	(11-22)	(11-22)	(1-101)	(1-101)	(1-101)	(1-101)
角度 ϕ (°)	0	62	39	73	58	58	62	62	62	62
半導体層 (厚さ nm)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $\text{In}_{0.2}\text{N}(3)/$ $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)
発光ピーク 波長 (nm)	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470
発光強度比	1.0	1.9	1.2	2.5	1.9	1.9	1.7	1.9	1.7	1.8

【0025】

【表 2】

	比較例 2	実施例 10
基板種類	GaN	GaN
基板形状	図 5	図 3
P (μm)	0	100
H (μm)	0	94
面指数	(0001)	(1-101)
角度 ϕ ($^{\circ}$)	0	62
半導体層 (厚さ nm)	n-GaN(5000))/In _{0.45} Ga 0.55N(3)/p- Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/p-GaN(150)	n-GaN(5000))/In _{0.45} Ga 0.55N(3)/p- Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/p-GaN(150)
発光ピーク 波長 (nm)	520	520
発光強度比	1.0	2.1

【0026】

【表 3】

	比較例 3	実施例 11
基板種類	GaN	GaN
基板形状	図 5	図 3
P (μm)	0	50
H (μm)	0	47
面指数	(0001)	(1-101)
角度 ϕ ($^\circ$)	0	62
半導体層 (厚さ nm)	n-GaN(5000))/n-Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/In _{0.02} Ga _{0.98} N(3)/p-Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000))/n-Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/In _{0.02} Ga _{0.98} N(3)/p-Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/p- GaN(150)
発光ピーク 波長 (nm)	380	380
発光強度比	1.0	1.8

【0027】

表 1～表 3 に示すように、凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層が形成されている本発明にかかる発光装置は、その発光ピーク波長に拘わらず、平面基板上に半導体層が形成された従来の発光装置に比べて、発光強度が 1.2 倍～2.5 倍に増大した。

【0028】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明でなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内のすべての変更が含まれることが意図される。

【0029】

【発明の効果】

上記のように、本発明にかかる発光装置においては、凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層を形成することにより、発光装置の大きさを変えことなく発光量を

増大させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる一の発光装置の概略断面図である。

【図2】 従来の発光装置の概略断面図である。

【図3】 本発明において用いられる一の凹凸基板の概略斜視図である。

【図4】 本発明において用いられる別の凹凸基板の概略斜視図である。

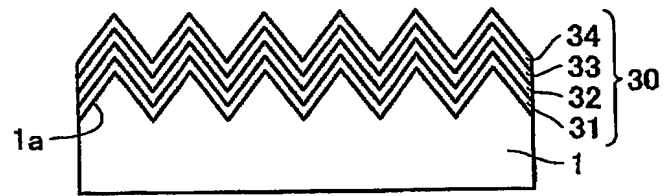
【図5】 従来の基板の概略斜視図である。

【符号の説明】

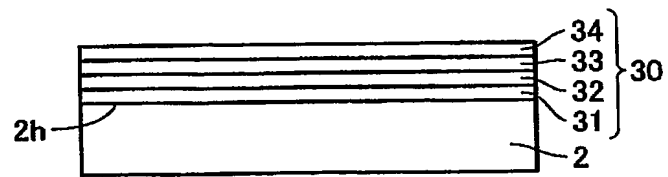
1 凹凸基板、1 a 凹凸状表面、1 b, 1 c 凹凸状表面を形成する各々の平面、1 h 基底平面、2 平面基板、2 h 平面状表面、11 b, 11 c 凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度、30 半導体層、31 n-GaN層、32 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層、33 p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N層、34 p-GaN層。

【書類名】 図面

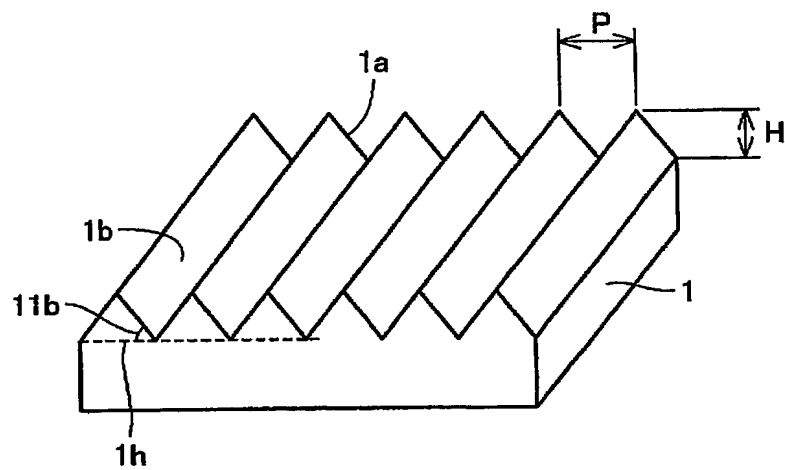
【図 1】



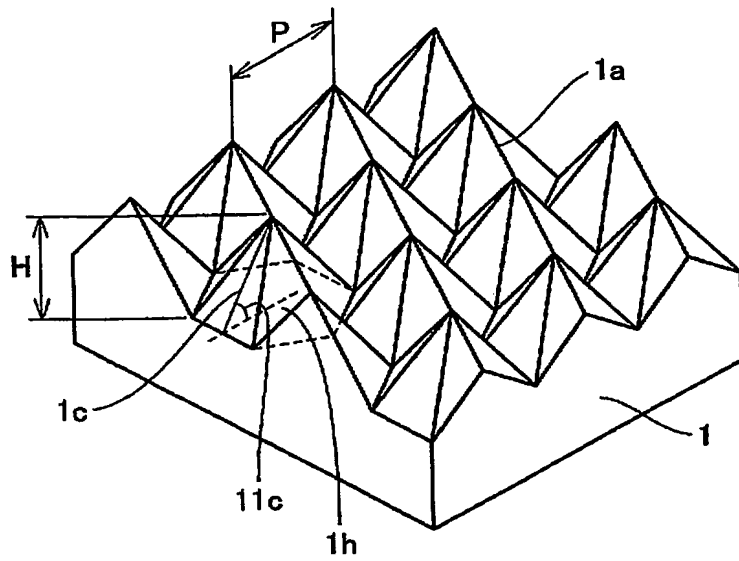
【図 2】



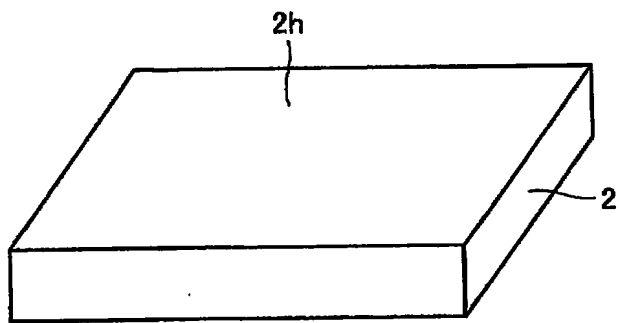
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光装置の大きさを変えずに発光量を増大させた発光装置を提供する。

【解決手段】 凹凸基板 1 の凹凸状表面 1 a 上に半導体層 30 が形成されていることを特徴とする発光装置。本発光装置においては、凹凸基板および半導体層を $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) とすること、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面が、 L を 1 ～ 4 の整数とするときの $(1\ 1\ 2\ L)$ および $(1\ 1\ 0\ L)$ の中から選ばれる 1 以上の面指数を有すること、または凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ を $35^\circ \sim 80^\circ$ とすることができる。

【選択図】 図 1

特願 2003-173465

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002130]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名

住友電気工業株式会社